



Geološka i geomorfološka opažanja u jami Muda labudova

Matea Talaja i Tomislav Kurečić

*Vertikala Pakao, Muda labudova
Autor: Ivan Vidović*

Geografski smještaj jame

Ulaz u jamu Muda labudova (ML) nalazi se na području masiva Crnopca u njegovom središnjem dijelu. Prostor je to jugoistočnog dijela Velebita, morfološki izdvojenog od ostatka planine. Crnopac odvaja Liku tj. Gračačko polje na sjeveru od rijeka Zrmanje i Krupe na jugu pa zbog toga predstavlja hidrološku, no ne i hidrogeološku barijeru. Hidrološka povezanost ponora rijeke Otučje u Gračačkom polju na sjeveru (560 m n.v.) i izvora u dolinama rijeka Zrmanje i Krupe na jugu (0 - 150 m n.v.) dokazana je trasiranjem podzemnih voda. Voda je prolaskom kroz pukotinske sisteme karbonatnog masiva Crnopca, od erozijske baze u polju prema izvorima na nižoj nadmorskoj visini, stvorila mrežu isprepletenih podzemnih kanala (Kuhta i Stroj, 2005). Drugim riječima podzemlje Crnopca je izloženo intenzivnim procesima kemijskog trošenja karbonatnih stijena (okršavanju).

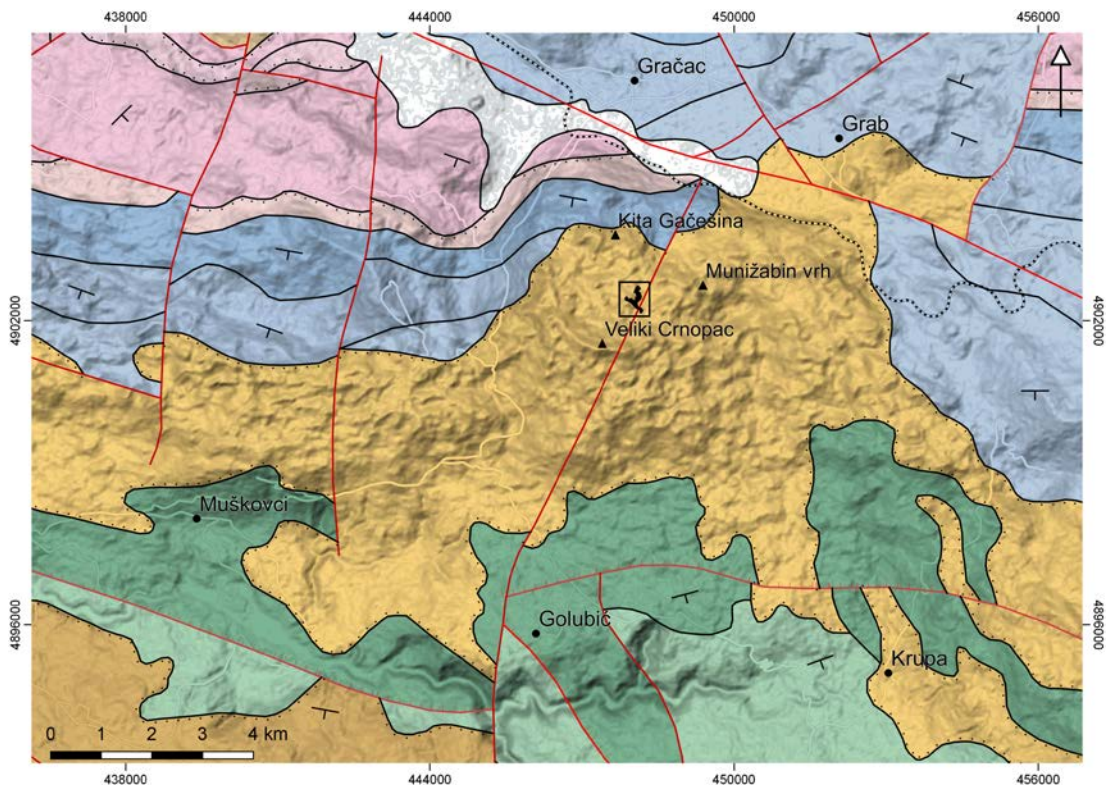
Prema geomorfološkoj regionalizaciji (Bognar, 2001) spomenuto područje pripada mezogeomorfološkoj regiji gorski hrbat – masiv Velebita te geomorfološkoj subregiji gorski hrbat jugoistočnog Velebita. Zbog manje površine masiva u odnosu na ostatak velebitskog hrpta ovdje se ne pojavljuju veliki površinski krški oblici (uvale i polja u kršu), već prevladavaju ponikve, škrape, kame-nice i ostali mikoreliefni oblici. Najveće bogatstvo u kršu tog prostora svakako predstavljaju podzemni krški oblici, ponajprije brojne jame. Specifična geomorfološka obilježja Crnopca bila su okidač za intenzivna speleološka istraživanja. Rezultat toga je otkriće labirinta podzemnih kanala najvoluminoznijih objekata Dinarskog krša i velikih etažnih objekata poput sustava Kita Gaćešina - Draženova puhaljka (KG-DP). Otvorila su se mnoga pitanja koja su s vremenom prerasla u težnju za razumijevanjem geneze čitavog prostora. Tragom toga u ovom tekstu iznosimo pregled dosadašnjih opažanja i razmišljanja o geološkoj građi, speleomorfologiji i genezi područja prema primjeru iz jame ML.

Osvrt na geologiju jame

U jami ML do sada nisu provedena sustavna geološka istraživanja pa stoga nije moguće donositi sveobuhvatne i precizne zaključke o njenoj geologiji. Preliminarnu sliku o tome što možemo očekivati

kroz njezin profil daje dostupna, ali rijetka literatura o površinskim geološkim istraživanjima Crnopca. Najbolji opći uvid u geologiju prostora pruža Osnovna geološka karta, List Obrovac (Ivanović i dr., 1973). Iz karte je vidljivo da centralni dio masiva površinski grade tercijarne Jelar (Velebitske) breče, koje leže na stratigrafskom slijedu naslaga trijaskie i jurske starosti. Ulazni dijelovi ML formirani su unutar zone Jelar breča, baš kao i ulazi u najveće speleološke objekte Velebita. Jelar breče su heterogene klastične karbonatne stijene izrazito podložne procesima okršavanja koji napreduju primarno po postojećim pukotinskim sustavima. Na njima je razvijen niz površinskih krških oblika, a njihova geneza od ranih istraživanja (Bahun, 1974) do danas nije jednoznačno objašnjena. Prema položajima slojeva izmjerenim prilikom izrade geološke karte na sjevernim padinama Crnopca uslojene strukture (trias-jura) tonu ispod Jelara prema jugu u smjeru Krupe, Krnjeze i Zrmanje. Kako Crnopac do sada nije detaljno strukturno-geološki kartiran, na površini nisu prepoznati značajniji rasjedi i pukotinski sustavi (Ivanović i dr., 1976). Ipak, pregledom geološke karte u okolnom području vidi se da su glavni smjerovi pružanja rasjeda dinarski SZ-JI (r1) i JZ-SI (r2), koji se potencijalno nastavljaju u podzemlje masiva (Slika 1). Kombinacijom tih pretpostavki te na temelju rezultata speleološkog kartiranja podzemlja Crnopca formirana je hipoteza za nadolazeća istraživanja. Naime, topografskim snimanjem novootkrivenih dijelova ML značajno je proširen tlocrt jame te je otkrivena pravilnost u pružanju glavnih kanala u podzemlju. Za sada se raspoznaju dva glavna pukotinska smjera čije je pružanje u suglasju s pretpostavkama temeljenim na površinskom pružanju okolnih rasjeda (Prelogović i dr., 1979). Na primjeru ML vidljivo je da sustav r1 (SZ-JI) karakterizira razvoj užih, visokih meandara i horizontalnih kanala, dok su najveći podzemni prostori/vertikale razvijeni duž sustava JZ-SI (r2) (Slika 2).

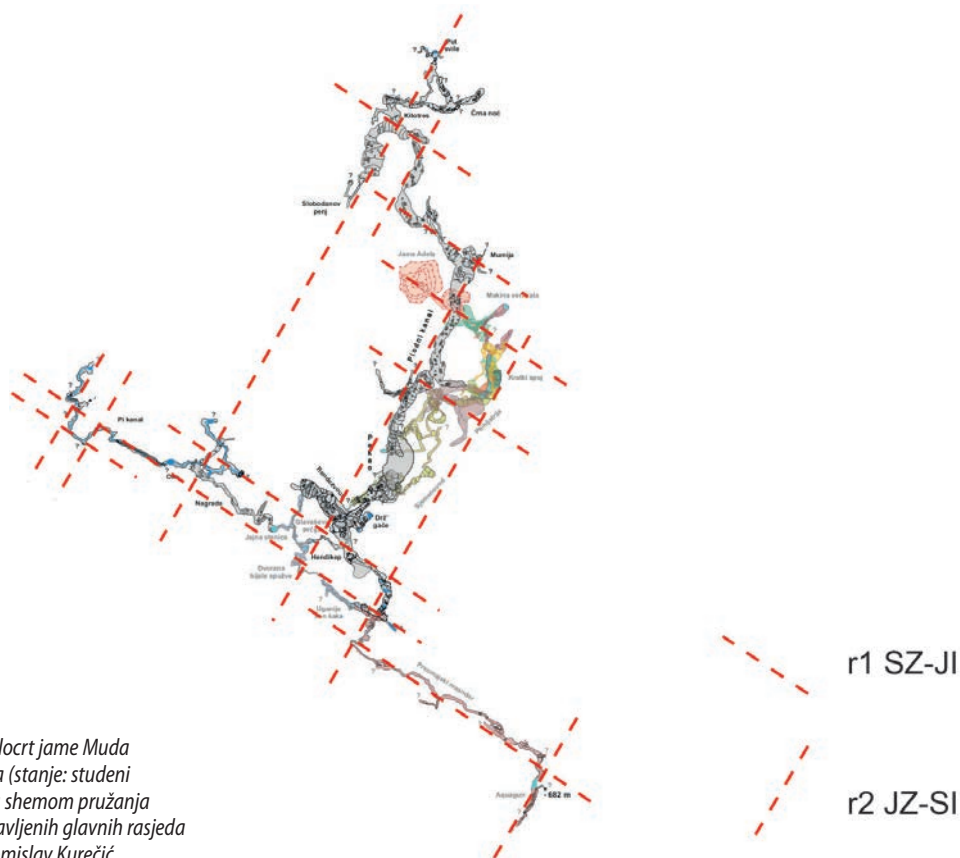
Najveća perspektiva za napredovanje u nove vertikalne prostore očekuje se po sustavu rasjeda r2 iz upitnika u vertikali Pakao te po sustavu R1 u visokim meandrima dubljih dijelova jame. Osim otkrivanja pravilnosti u tlocrtnom pružanju kanala, jedan od najvažnijih rezultata istraživanja je pronalazak približno horizontalnog nivoa na dubinama



Legenda:

- | | |
|--|---|
| Aluvijalne naslage (holocen) | Geološka granica: normalna |
| Vapnenačke breče (paleogen, neogen) | Geološka granica: erozijska i/ili tektonsko-erozijska |
| Prominske naslage (eocen, oligocen) | Rasjed bez oznake karaktera |
| Rudistni vapnenci (cenoman - mastriht) | Reversni rasjed ili navlačni kontakt |
| Vapnenci i dolomiti (donja kreda) | Položaj sloja |
| Foraminifersko-algalni vapnenci i dolomiti (oksford) | Jama Mlada labudova |
| Debeloslojeviti vapnenci i dolomiti (srednja jura) | Vrhovi |
| Vapnenci i dolomiti (donja jura) | Naselja |
| Dolomiti (gornji norik, ret) | Ceste |
| Klastične i piroklastične naslage (srednji trijas) | Željeznica |
| Karbonatne naslage (srednji trijas) | |

Slika 1. Geološka karta Crnopca i okolnog područja s naznačenim pružanjem jame Mlada labudova. Karta je kompilirana i djelomično izmijenjena prema Geološkoj karti Republike Hrvatske 1:300000 (HGI, 2009) na podlozi SRTM, ASTER GDEM (Product of METI and NASA, Imagery GIScience Research Group @ Heidelberg University)."



Slika 2. Tlocrt jame Muda labudova (stanje: studeni 2017.) sa shemom pružanja pretpostavljenih glavnih rasjeda
Autor: Tomislav Kurečić

između 250 metara i 300 metara. Taj horizont dubinom odgovara sličnom horizontu u sustavu KG-DP. Postavlja se logično pitanje koji je uzrok etažnog razvoja tih objekata (i čitavog podzemlja Crnopca) te koja je njihova geneza? Jesu li izmjene vertikalno i horizontalno okršanih nivoa odraz geološke građe, tektonskih faza ili pak klimatskih varijacija. Sve tri hipoteze se doimaju ispravnima, a sadašnji izgled objekata je zasigurno rezultat međudjelovanja triju navedenih elemenata.

Ukoliko razloge etažnog razvoja tražimo u geološkoj građi Crnopca, tada je logično pretpostaviti da je prvi i najstariji horizontalni nivo ML razvijen ispod zone Jelar breča po paleoreljevnoj plohi diskontinuiteta. Dubina graničnog horizonta prema prvim zapažanjima nije precizno određiva. Granica dviju litologija nalazi se unutar šireg pojasa na dubinama između 250 i 300 metara. Ispod toga nivoa u velikim vertikalama Pakao i Trećemajskoj vertikalni

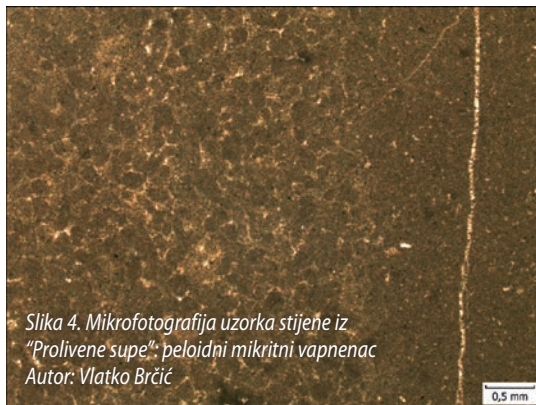
su jasno vidljive uslojene tamne karbonatne stijene nalik jurskim vapnencima (Slika 3).

U dubljim dijelovima jame kanali ML tonu prema jugu/jugoistoku prateći položaj geoloških struktura. Primjerice u vertikalni Prolivena supa na dubini od 540 metara položaj slojnih ploha vapnenaca iznosi 150/35, što je u suglasju s površinskim mjerenjima položaja slojeva unutar jurskih i trijaskih struktura na sjevernim padinama Crnopca (s Lista Obrovac, OGK 1:100.000). Na prvi pogled, translirajući položaje ploha s površine u dubinu, doima se da je riječ o istom horizontu. Da bi se to potvrdilo, na tome su mjestu prikupljeni uzorci stijene. Analizom mikroskopskih preparata utvrđeno je da je uzorkovani horizont građen od peloidnog² mikritnog vapnenca s vrlo rijetkom pojavom

² Peloidi - produkti metabolizma (fekalni ostaci) malih kralježnjaka, najčešće rakova.



Slika 3. Vertikalna Pakao:
uslojene karbonatne stijene
Autor: Ivan Vidović



Slika 4. Mikrofotografija uzorka stijene iz
"Prolivene supe": peloidni mikritni vapnenac
Autor: Vlatko Brčić

fragmenata ostrakoda (sićušni račići ljuskari), bez provodnih fosila³. Homogene je strukture s džepovima dobro zaobljenih peloida bez unutarnje strukture (Slika 4), što je karakteristično za stijene taložene u plitkovodnim (lagunarnim) okolišima. Time smo dobili podatak o okolišu u kojem je nastala uzorkovana stijena, dok se o točnom stratigrafskom kalibriranju navedenog horizonta za sada se ne može napisati ništa precizno (usmeno priopćenje: dr. sc. Vlatko Brčić).

Pretpostavka da su klimatske promjene jedan od čimbenika etažnog razvoja crnopačkih objekata temelji se na poznatim pleistocenskim izmjenama glacijala i interglacijala, uz koje su nužno vezane

promjene u razinama podzemnih voda. Tijekom interglacijala dolazi do podizanja freatske zone i pojačanog horizontalnog okršavanja uz vodno lice (razinu vode) na manjim dubinama, dok za vrijeme glacijala dominira procjeđivanje u dublje pukotinske sustave i primarno vertikalno okršavanje, tj. formiranje vadoznih vertikalala koje se pružaju do dublje freatske zone. Na prvoj horizontalnoj razini ML u dijelu koji zovemo Plodni kanal, izmjena vadozne i freatske faze prepoznaje se po mlađoj generaciji decimetarskih kristala kalcita koji obraštaju vadozne speleoteme i stjenke kanala. Rast kristala u svim smjerovima (a ne vertikalno prema dolje) ukazuje na njihovu kristalizaciju u vrijeme kada su ovi dijelovi jame bili potopljeni (Slika 5).

U tom dijelu jame osim kemogenih sedimenta⁴ nalaze se i debele naslage klastičnih sedimenta. Razlikuju se dva osnovna sedimentna facijesa⁵: facijes horizontalno laminiranih sitnozrnatih pijesaka i facijes crvenih siltova. Facijes horizontalno laminiranih (uslojenih) sitnozrnatih pijesaka javlja se u paketu debljine do pola metra. Donja granica paketa je ravna erozijska ili paleoreljefna (na mjestima gdje je pijesak taložen na očvrstnute karbonatne kore i speleoteme). U slučaju taloženja pijeska na čvrstu paleoreljefnu plohu lamine u pijesku prate morfologiju donje slojne plohe. Takvi pijesci

3 Provodni fosili – fosilni ostaci organizama koji su bili geografski široko rasprostranjeni i vezani za određeno vremensko razdoblje. Koriste se za određivanje relativne starosti stijena u kojima se nalaze.

4 Kemogeni sedimenti - sedimenti nastali direktnom precipitacijom kristala iz vodene otopine, u ovom slučaju kristala kalcita i sličnih karbonata.

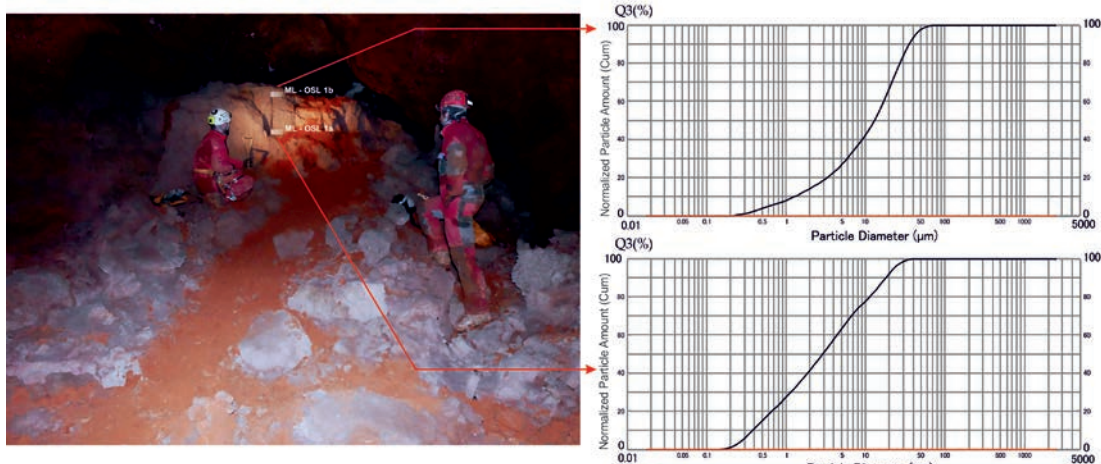
5 Sedimentni facijes - je sedimentno tijelo sa specifičnim karakteristikama koje može biti definirano na osnovi podataka dobivenih na izdancima stijena ili podataka iz bušotina s obzirom na boju, slojevitost, sastav, teksturu, strukturu i sadržaj fosila (Reading, 1986).



*Slika 5. Obraštanja speleotema i stjenki
kanala mlađom generacijom kristala kalcita
Autor: Danko Cvitković*



*Slika 6. Laminirani sitnozrnati pijesak iz Desnog plodnog kanala
Autor: Danko Cvitković*



Slika 7. Uzorkovanje "Profila 1" (Autor: Ruder Novak) i rezultati granulometrijskih analiza uzoraka prikupljenih na različitim dubinama profila prikazani kumulativnim frekvencijskim krivuljama. Na apscisi je prikazana veličina čestica (μm), a ordinata prikazuje kumulativni zbroj udjela pojedinih frakcija (%). Autor: Tomislav Kurečić



Slika 8. Desikacijske pukotine i tanka karbonatna korica na površini sedimenta u Desnom kanalu. Autor: Danko Cvitković

(Slika 6) mogu biti taloženi iz vodenog toka bogatog pijeskom djelovanjem vučnih mehanizama u uvjetima gornjeg režima toka (Reineck i Singh, 1972), a opisuju se kao kanalski facijesi (White, 2007).

Nasuprot tome, facijes crvenih siltova⁶ značajno je deblji pa na nekim mjestima doseže debljine do 4 metra, kao primjerice na Profilu 1 koji se nalazi u suženju Plodnog kanala na dubini od 267 metara (Slika 7). Crveni sediment u tom dijelu jame prekriva velik dio dna kanala, a

karakter donje granice nije bilo moguće utvrditi. Površina sedimentnog tijela je prekrivena tankom sivkastom karbonatnom korom na mjestima gdje nema poremećaja izazvanih recentnom tektonikom i odronima. Vrh profila je duboko izbrazdan desikacijskim pukotinama (Slika 8) koje su nastale isušivanjem sedimenta. Na dubini od sedamdesetak centimetara pojavljuju se karbonatne konkrecije⁷ i fragmenti slomljenih karbonatnih kora. Slojevitost nije jasno izražena, no primjećuje se blago pokrupnjavanje sedimenta prema vrhu i naznake horizontalne laminacije. Sediment je ovdje uzorkovan za potrebe mineraloških i granulometrijskih analiza koje su pokazale da uzorak prikupljen na dubini od 70 centimetara po sastavu odgovara siltoznoj glini, dok uzorak s vršnog dijela profila, po sastavu odgovara glinovitom siltu. Takvi sedimenti su taloženi iz suspenzije u periodu mirnih hidrodinamičkih uvjeta u jezerskom/sifonskom okolišu. Masivne pojave pelitnih⁸ sedimenata rezultat su sporog gravitacijskog obaranja čestica gline⁹ i silta iz suspenzije (u

⁶ Silt - nevezani sediment sastavljen od čestica u rasponu promjera između 0,004 i 0,063 mm (Wentworth, 1922).

⁷ Konkrecije - mineralne akumulacije različitih oblika nastale izlučivanjem neke mineralne tvari u porama ili oko jezgre na račun nevezanog, mekanog ili već litificiranog dijela stijene u kojoj se pojavljuju (Tišljar, 1994).

⁸ Pelit - nevezani sediment sastavljen od mješavine čestica veličine gline i silta (Wentworth, 1922).

⁹ Glina - nevezani sediment sastavljen od čestica čiji je promjer manji od 0,004 mm (Wentworth, 1922).

mirnim jezerskim uvjetima. Blago pokrupnjavanje sedimenta prema vrhu profila može ukazivati na porast energije okoliša, odnosno brži tok vode. Smatra se da takva sedimentna tijela nastaju u mirnim zaklonjenim okolišima (engl. *Slackwater facies*) unutar niša i slijepih prolaza odmaknutih od glavnog toka (White, 2007).

Osvrt na speleomorfologiju jame

Morfološki oblici u podzemlju nastaju međudjelovanjem faktora poput vode, tektonike, litologije i klime. Oni su jedan od indikatora starosti speleološkog objekta, no s obzirom na često velik vremenski raspon od nastanka objekta do trenutka proučavanja, teško je ustanoviti koji je čimbenik bio dominantan u određenom razdoblju. U speleološkim objektima složene morfologije, a u slučaju ML i velikih dimenzija, preciznije rezultate daje proučavanje morfologije na više razina (makromorfološka, mezomorfološka i mikromorfološka karakterizacija objekta).

S obzirom na makromorfološki tip objekta, jama ML svrstava se u složene speleološke objekte. Do 2016. godine istraženi dio ML imao je koljenast oblik karakteriziran izmjenom horizontalnih dijelova (meandri) i dominantnih vertikalna između njih. Međutim, najnovija istraživanja i otkriće novog horizontalnog dijela na 250 metara morfološki su promijenila klasifikaciju ML u etažni objekt.

Promatrajući mezomorfološki oblik jame, geneza objekta može postati jasnija. Ulaz objekta nalazi se na 1036 metara nadmorske visine u rubu urušene ponikve. Od ulaza pa do 50 metara dominira vertikalni kanal koji je vjerojatno nastao urušavanjem ulazne ponikve u epikrškoj zoni (prvotno korozijskim pa onda mehaničkim djelovanjem), a voda je nastavila gravitacijsko djelovanje duž sub-vertikalnih pukotina kroz vadoznu zonu. Korozijsko djelovanje vode duž pukotina omogućilo je stvaranje velikih vertikalnih dijelova (Baron, 2003.) kao što su Makina vertikalna, Ni da ni ne, Trećemajaska vertikalna, Pakao i Drž' gaće. S obzirom na to da u većini vertikalnih dijelova zbog teške dostupnosti nije istražen strop, postoji mogućnost da je nastanak tih vertikalna povezan i uz procjeđivanje iz epikrške zone (tj. s površine) duž sub-vertikalnih pukotina. U manje topivim stijenama između vertikalnih dijelova jame nalaze se horizontalni i

blago nagnuti vadozni kanali. Njihov postanak vezan je uz vodeni tok u vadoznom dijelu ML koji je svojim radom produbljivao kanal stvarajući oblik kanjona (Rnjak i dr., 2017). Klasični primjeri vadoznih kanala su Bijeli meandar (meandar u imenu označava uski kanal sličan kanjonu) i kanal prema Starom dnu. Dijelovi jame iznad 230 metara dubine, iako laički nazvani meandrima, nemaju odlike klasičnih meandara već su sačinjeni od više vertikalnih dimnjaka koji dijele zajedničko dno (primjerice Klizavi meandar). Mikromorfološki oblici za sada nisu detaljno proučeni.

Analizom morfologije objekta može se utvrditi veza između izgleda jame i procesa koji su uvjetovali njen nastanak. Proces oblikovanja prostora nije bio uniforman pa se u jami uočavaju zone različitog razvoja. Prvu zonu do 250 metara karakteriziraju prostrani vertikalni dijelovi koji su nastali procjeđivanjem vode s površine duž pukotina. Ovdje nalazimo mali broj horizontalnih poveznica koje su uvjetovane litološkim sastavom i djelovanjem tektonskih procesa. Speleogenski, ovaj dio objekta ima karakteristike koje ukazuju na vadozni postanak. Vodno lice inicijalno je bilo na dubljim dijelovima te nije imalo ulogu u formiranju i oblikovanju kanala (Ford i Williams, 2007). Prva etaža objekta od 250 do 350 metara svojim je pružanjem orijentirana u smjeru sustava KG-DP i jame Oaza te ima odlike freatskog postanka. Kanal se vjerojatno nastavlja u smjeru sjevera ili sjeverozapada. U prvoj fazi razvoja vjerojatno je bio ispod razine vodnog lica, voda je stvarala blage uzlazne i silazne freatske petlje stvarajući time današnji oblik Plodnog kanala. Nastanak freatskih petlji u različitim modelima freatskih tipova objekata posljedica je međudjelovanja različitih faktora koji se ne mogu izolirano promatrati. Kako se radi o kompleksnom procesu potrebno je na temelju mikromorfoloških karakteristika i tektonskih odlika objekta potvrditi teoriju. Promatrajući dio jame najbliži sustavu KG-DP (Put svile) primjećuju se odstupanja u morfologiji u odnosu na Plodni kanal. Dijelovi jame od Kitotresa do Puta svile nemaju istaložene sedimente, niti razvijene speleoteme i suhe kanale. Vjerojatno je upravo taj put bio prenosnica za veliku količinu vode koja je stvarala freatski Plodni kanal, ali koji su primarno nastali snižavanjem vodnog lica stvarajući isprane vertikale, meandre

te dijelove koji i sada zadržavaju vodu. Sljedećih stotinu metara u dubinu ponovo dominiraju vertikalni dijelovi velikih dimenzija, a od 470 metara do trenutnog dna na 680 metara jama "tone" u obliku vadoznih kanjona vrlo male tlocrtne površine, ali veće površine po presjeku profila. Ova zona blago nagnutih kanala odgovara razini treće etaže sustava KG-DP. Do sada istraženi dijelovi Pi kanala kreću iz smjera sjeverozapada prema jugoistoku i dubljim dijelovima jame, nastavljajući se na Jajnu stanicu, tj. prema Aquaganu. Od završne mjerne točke u Pi kanalu do završne mjerne točke u Aquaganu kanal ima vertikalnu razliku od 190 metara s konstantnim laganim padom u smjeru jugoistoka (vidi ranije diskutiranu ovisnost nagiba kanala o položaju geoloških struktura). S obzirom na vadozni postanak donjih dijelova jame, dolazni kanal Aquagana može biti freatska petlja iza koje se dalje nastavlja kanal sličnih karakteristika kao do sada. Nastanak freatskih petlji posljedica je uzvodnog kretanja vode po slojnim plohama i rasjednim pukotinama koje pružaju manji otpor (Ford i Williams, 2007). Kanal Aquagan stoga predstavlja trenutno najveću perspektivu za daljnje napredovanje u dubinu.

Gledajući morfologiju ML u krupnom planu, promjene su uvjetovane tektonikom, djelovanjem vode, izmjenom stijena različite topivosti te promjenama u klimi. Vrlo je teško promatrati speleogenetske modele zasebno i svaku jamu kao zasebnu cjelinu, jer je upravo povezanost između jamskog sustava KG-DP i novih objekata ključ za razumijevanje paleookoliša Crnopca.

Zaključak

Dosadašnja preliminarna geološka uzorkovanja, razmišljanja te morfološka opažanja samo su zagrebla površinu i otvorila bezbrojna pitanja o genezi jame. Morfologija profila ML sve više nalikuje morfologiji sustava KG-DP, a raster kanala postaje sve pravilniji. S obzirom na to da sada prepoznamo glavne smjerove razvoja jame, lakše je usmjeriti buduća istraživanja u najperspektivnije upitnike. Topografsko snimanje novih prostora i strukturno-geološka mjerenja trebala bi potvrditi hipotezu o postojanju dva glavna sustava rasjeda u ovom dijelu Crnopca i pridonijeti sastavljanju strukturnog modela šireg prostora. Hipoteza o međuovisnosti

litologije, strukturnih odnosa i morfologije ML za sada se temelji isključivo na usputnim makroskopskim opažanjima pa je treba potvrditi izradom detaljnog geološkog profila kroz jamu. Detaljna stratigrafija i poznavanje litoloških odnosa osnovni su preduvjeti za razumijevanje geneze kompleksnih speleoloških objekata. Na to se nadovezuje analiza facijesa nevezanih ili slabo vezanih sedimenata koji čine ispunu kanala, a koja će dati podatke o hidrološkim uvjetima i okolišima koji su prevladavali u vrijeme njihova taloženja. Neporemećeni profili crvenog sedimenta na prvoj horizontalnoj etaži u ML odličan su poligon za takav tip istraživanja. Osim toga ključ zagonetke o međuovisnosti između razvoja horizontalnih razina u ML (i drugim objektima na Crnopcu) te paleoklimatskih uvjeta i regionalnih tektonskih događaja je u datiranju speleotema i sedimenata na profilima naizgled neuglednog crvenog "blata". U daljnjim istraživanjima potrebno je detaljnije razraditi plan uzorkovanja i datiranja sedimenta adekvatnim metodama. Iako stupanj istraženosti podzemlja Crnopca s godinama raste, za sada ima vrlo malo dodatnih podataka koji bi pridonijeli razumijevanju geneze krša na ovom području. Glavnina istraživanja je usmjerena na topografsko snimanje i napredovanje u nove podzemne prostore. Za daljnje napredovanje i razvoj novih spoznaja potreban je multidisciplinarni i sustavan pristup istraživanju.

Literatura

- Bahun, S. (1974): Tektonogeneza Velebita i postanak Jelar naslaga. *Geološki vjesnik*, 27, 35-51.
- Baron, I. (2003): Speleogenesis along sub-vertical joints: A model of plateau karst shaft development: A case study: the Dolny Vrch Plateau (Slovak Republic).
- Bogner, A., (2001): Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, vol 34., Zagreb
- Ford, D., Williams, P. (2007): *Karst Hydrogeology and Geomorphology*, John Wiley, London
- HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT (2009): Geološka karta Republike Hrvatske, M 1:300.000, Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Zagreb.
- Ivanović, A., Sakač, K., Marković, S., Sokač, B., Šušnjar, M., Nikler, L., Šušnjar, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Obrovac L33-140. Institut za geološka istraživanja

- (1962-1967), Zagreb, Savezni geološki institut, Beograd.
- Ivanović, A., Sakač, K., Sokač, B., Vrsalović-Carević, I., Zupanić, J. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Obrovac L33-140. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki institut, Beograd, 61 str.
 - Kuhta, M., Stroj A. (2005): The Speleogenesis of the Caves in Crnopac Mt. Area. 14 International Congress of Speleology, Proceedings, str. 46-48, Petreas, Christos (ur), Hellenic Speleological Society, Athens-Kalamos, Greece
 - Prelogović, E., Fritz, F., Cvijanović, D., Milošević, A. (1979): Seizmotektonska aktivnost u području doline Zrmanje. – Geološki vjesnik., 31, 123-136.
 - Reading, H. G. (ur.) (1986): Sedimentary Environments and Facies, Blackwell sci. Publ., Oxford-London-Edinburgh-Boston, 615 str.
 - Reineck, H. E. i Singh, I. B. (1972): Genesis of laminated sand graded rhythmites in storm-sand layers of shelf mud. Sedimentology, 18, 123-128.
 - Rnjak, G., Bakšić, D., Paar, D., Novak, R., Glušević, M., Božić, V., Buzjak, N., Barišić, T., Aleraj, B., Bočić, N., Malinar, H., Novosel, D., Rnjak, D., Josipović, Č., Surić, M., Bach, F., Bajo, A., Barišić, A., Basara, D., Cucančić, D., Čuković, T., Čukušić, A., Čukušić, I., Đonlagić, L., Filipović, F., Grgić, H., Jelinić, I., Josipović, Lj., Kovačević, A., Kušić, D., Lacković, D., Matišić, T., Miculinić, K., Mišur, I., Mudronja, L., Mustapić, M., Raguž, K., Redovniković, L., Rosić, R., Stopić, D., Stroj, A., Talaja, M., Vrbanec, Z., Železnjak, J., Železnjak, R. (2017): Speleologija. Planinarsko društvo sveučilišta Velebit, Hrvatski planinarski savez, Hrvatska gorska služba spašavanja, Speleološko društvo Velebit. Zagreb., 737 str.
 - Tišljarić, J. (1994): Sedimentne stijene, Školska knjiga, Zagreb, 422 str.
 - Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers 1 (2), www.speleogenesis.info, 8 pages, re-published from: Cave & Karst Science 29 (1), 2002, 5-12
 - Wentworth, C. K. (1922): A scale of grade and class term for classifying sediments. J. Geol. 30, 377-392.
 - White, W. B. (2007): Cave sediments and paleoclimate. Journal of Cave and Karst Studies, v. 69, no.1, p. 76-93.

Geological and geomorphological observations in the cave Muda labudova

As no systematic geological and geomorphological survey and exploration was yet done in Muda labudova, conclusions on its geology and genesis can't be very precise. Surface survey of Crnopac massif in rare literature gives only a preliminary picture. The perspective of Muda labudova joining with Kita Gaćešina - Draženova puhaljka system offers a few pieces of Crnopac geology puzzle, which will only be resolved in future detailed stratigraphic and lithological analysis, explaining the genesis of the whole area.